



(19)

(11) Publication number:

05

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(21) Application number: **03198146**(51) Intl. Cl.: **G21C 17/12**(22) Application date: **08.08.91**

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: **19.02.93**(84) Designated contracting
states:(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(72) Inventor: **ENDO HIROSHI**

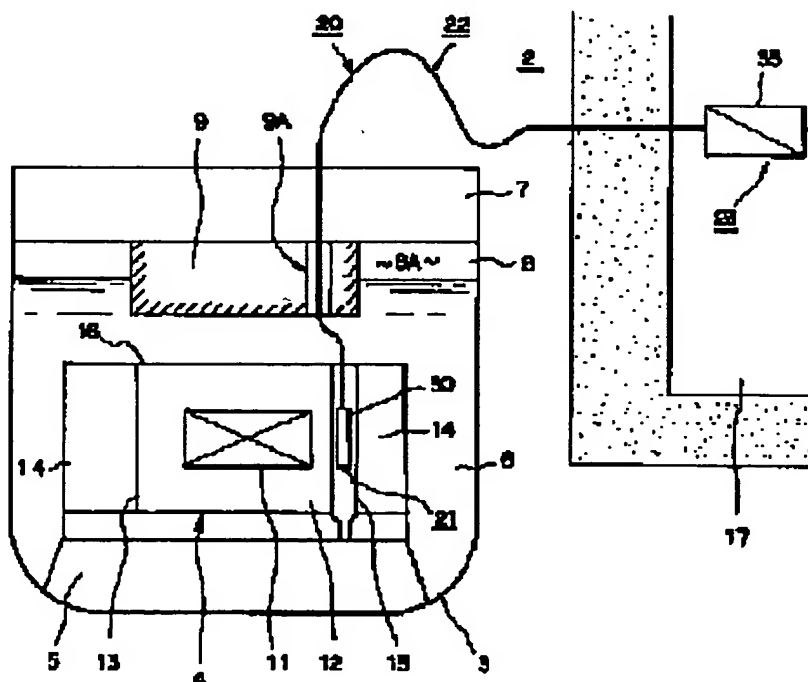
(74) Representative:

(54) NEUTRON DETECTOR

(57) Abstract:

PURPOSE: To enable loading neutron detector in a core and measure neutron exactly even in a reactor using high temperature coolant like a fast breeder reactor and obtaining good neutron detection sensitivity without being affected in the detection signal from the neutron detector by the noise due to radiation and the like.

CONSTITUTION: Provided are a neutron detection part 21 containing inside a scintillator for detecting neutrons and having a vessel with high temperature resistance, a detection signal transmitter part 22 connected with the neutron detection part 21 and transmitting the detected signal and a neutron measurement part 41 connected to the neutron detection part 21 through the detection signal transmitter part 22 and amplifying the detected signal for measuring neutrons. The neutron detection part 21 is placed in a



reactor vessel 3.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-40191

(43) 公開日 平成5年(1993)2月19日

(51) Int.Cl.⁵

G 2 1 C 17/12

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G D F A 7808-2G

C 7808-2G

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平3-198146

(22) 出願日 平成3年(1991)8月8日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 遠藤 寛

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

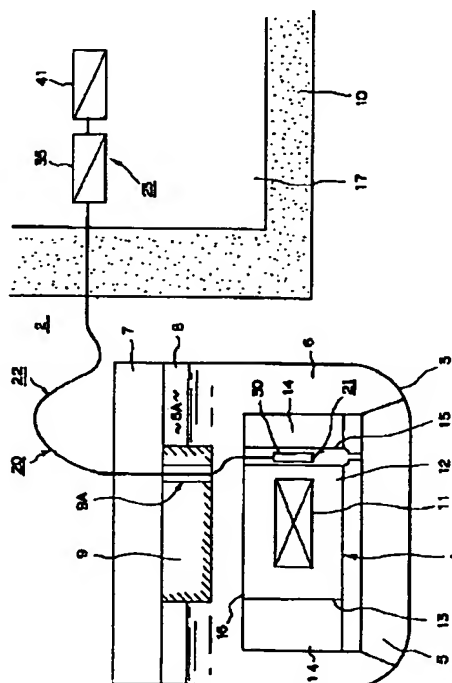
(74) 代理人 弁理士 則近 憲佑

(54) 【発明の名称】 中性子検出装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、高速増殖炉のような高温の冷却材を用いる原子炉であっても炉内に中性子検出器を装荷することができ、中性子を正確に計測することができるとともに、中性子検出器からの検出信号が放射線による雑音等の影響を受けず、良好な中性子検出感度を得ることができるようにしたものである。

【構成】 中性子を検出するシンチレータを内部に収容し、耐高熱性を有する容器を備えた中性子検出部21と、この中性子検出部21に接続され前記中性子検出部21からの検出信号を伝達する検出信号伝達部22と、この検出信号伝達部22を介して前記中性子検出部21に接続され検出信号を増幅して中性子を計測する中性子計測部41とを備えるとともに、前記中性子検出部21を原子炉容器3の内部に配設するようにしている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中性子を検出するシンチレータを内部に収容し、耐高熱性を有する容器を備えた中性子検出部と、この中性子検出部に接続され前記中性子検出部からの検出信号を伝達する検出信号伝達部と、前記検出信号伝達部を介して前記中性子検出部に接続され、検出信号を増幅して中性子束を計測する中性子計測部とを備えるとともに、前記中性子検出部を原子炉容器の内部に配設したことを特徴とする中性子検出装置。

【請求項2】 検出信号伝達部は、前記中性子検出部と光学的に接続された光伝達部により構成されることを特徴とする請求項1に記載の中性子検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高速増殖炉等の原子炉に用いられる中性子検出装置に係り、特に、原子炉容器内部の高温条件で中性子を検出することができるとともに、ノイズレベルの低減化を図ることができる中性子検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、軽水炉に用いられる中性子検出装置は、中性子検出部が炉内に装荷される。一方、高速増殖炉に用いられる中性子検出装置は、炉内の温度条件が軽水炉における温度条件よりも厳しいため、中性子検出部が原子炉容器の外部に設けられる。高速増殖炉の中性子検出部は、原子炉容器内に装荷された炉心燃料部から発生する中性子を原子炉容器内に充填された冷却材および原子炉容器を介して検出する。

【0003】 中性子検出装置の検出部は、BF₃ ガスカウンタあるいはフィッシュンチェンバ（核分裂電離箱）等よりなる中性子検出器で構成される。中性子検出器は内部に核反応により生じる核反応生成物によって電離する作動ガスが封入される。このため、中性子検出器は内部に中性子が侵入すると核反応を生じ、核反応の結果生じた核反応生成物が作動ガスを電離させ、集電極間に電気パルスが発生させ、電気パルスを中性子検出信号として送出する。中性子検出信号は、中性子検出器と電氣的に接続されたケーブルにより、電氣的信号として増幅系および計数系からなる中性子計測系に伝送される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来の中性子検出装置は、上述のように構成されているので、高速増殖炉に用いられる中性子検出器は、冷却材の温度が300～600℃と高温であるため、原子炉容器内部に装荷することは極めて困難である。

【0005】 ところが、高速増殖炉は、発電容量の増大に伴い炉心が大型化すると、炉心内の中性子束分布の局所的な歪みが大きくなってしまふ。このため、原子炉プラントの運転効率を向上させるためには、炉心内の中性子束分布を正確に計測する必要があり、そのためには中

性子検出部を高温の炉内に装荷する必要がある。

【0006】 また、従来、軽水炉や高速増殖炉等の原子炉に用いられる中性子検出装置は、中性子検出器が、検出信号を電気信号として中性子計測系に送出している。このため、検出信号が伝達される間に放射線の影響を受けて雑音が発生し、中性子検出装置の中性子検出感度や信頼性を損なうという問題があった。

【0007】 本発明は、上述した事情を考慮してなされたもので、高速増殖炉のような高温の冷却材を用いる原子炉であっても炉内に中性子検出器を装荷することができ、中性子を正確に計測することができる中性子検出装置を提供することを目的とする。

【0008】 また、中性子検出器からの検出信号が放射線による雑音等の影響を受けず、中性子検出感度が良好で信頼性の高い中性子検出装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る中性子検出装置は、上述した課題を解決するために、中性子を検出するシンチレータを内部に収容し、耐高熱性を有する容器を備えた中性子検出部と、前記中性子検出部に接続され前記中性子検出部からの検出信号を伝達する検出信号伝達部と、前記検出信号伝達部を介して前記中性子検出部に接続され検出信号を増幅して中性子束を計測する中性子計測部とを備えるとともに、前記中性子検出部を原子炉容器の内部に配設したものである。

【0010】 また、本発明に係る中性子検出装置は、上述した他の課題を解決するために、検出信号伝達部は、前記中性子検出部と光学的に接続された光伝達部により構成するようにしたものである。

【0011】

【作用】 本発明に係る中性子検出装置は、中性子を検出するシンチレータを内部に収容し耐高熱性を有する容器により中性子検出部を構成し、前記中性子検出部に接続された検出信号伝達部を介して前記中性子検出部からの検出信号を中性子計測部に伝達し、前記中性子計測部により検出信号を増幅して中性子束を計測するとともに、前記中性子検出部を原子炉容器の内部に配設したことにより、中性子検出部は高温の原子炉容器内部で中性子を感度よく計測することができるので、中性子検出部を小型化して設置場所の自由度が増大する。このため、炉が大型化しても中性子を正確に計測することができる。

【0012】 また、検出信号伝達部を、前記中性子検出部と光学的に接続された光伝達部により構成したことにより、検出信号の伝達時、炉心から発生する放射線の影響を避けることができるので、検出信号に混入する雑音を低減化させ、中性子検出感度が向上する。

【0013】

【実施例】 本発明に係る中性子検出装置の第1の実施例について添付図面を参照して説明する。

【0014】図1は、本発明の第1の実施例に係る中性子検出装置が設けられた高速増殖炉の構成を示す構成図、図2は図1の中性子検出装置を示す一部断面構成図である。原子炉格納容器2内には、原子炉容器3が収納され、原子炉容器3の外部には隔壁10が設けられる。

【0015】原子炉容器3内に炉心4が収容される。炉心4は炉心支持機構5により支持されるとともに、液体金属ナトリウム等の冷却材6で覆われる。原子炉容器3は、上部がルーフスラブ7で閉塞される。ルーフスラブ7と冷却材6との間の空隙には、カバーガス空間8が形成され、アルゴンガス等の不活性ガスであるカバーガス8Aが充填される。

【0016】炉心4は、炉心燃料部11、ブランケット部12、反射部13および遮蔽部14を備え、これら各部11~14が炉心構成要素E11~E14を構成する。各炉心構成要素E11~E14は、遮蔽部14を除き、正六角形断面を有する多数のラッパ管15により集合体を形成し、ラッパ管15中に各要素Ef、Eb、Erをそれぞれ収容する。

【0017】例えば、各炉心構成要素E11~E14のうち、炉心燃料部11およびブランケット部12はそれぞれ多数のラッパ管15により炉心燃料集合体および半径方向ブランケット燃料集合体を形成する。そして、炉心燃料集合体および半径方向ブランケット燃料集合体は、ラッパ管15中に多数の炉心燃料要素（燃料ピン）Efまたはブランケット燃料要素Ebを三角格子状に配列してそれぞれ構成される。炉心4の上部には、炉心上部機構（UCS）9が設けられる。炉心上部機構9は、図示しないが、独立した制御系を備え、制御系の下方に設けられた制御棒を上下動させて、炉心4に出し入れし、炉心4に装荷された核燃料の出力を制御する。また、炉心上部機構9には上下方向に案内管9Aが設けられる。

【0018】冷却材6は、冷却材出入口を通じて原子炉容器3内に出し入れされる。冷却材6は、炉心4からの熱を取り出し、中間熱交換器を経て二次冷却系に伝える。このため、冷却材6は高温状態（300~600°C）で原子炉容器3内を循環する。また、冷却材6は炉心4から発生する中性子の減速および吸収作用を果たす。なお、符号16は炉心4の出口部を、符号17は隔壁10内部の測定室をそれぞれ示す。

【0019】ところで、原子炉格納容器2内には、中性子検出装置20が設けられる。中性子検出装置20は、中性子検出部21と、中性子検出部21に接続される検出信号伝達部22と、検出信号伝達部22を介して中性子検出部21に接続される中性子計測部23とから構成される。

【0020】中性子検出部21は、図2に示すように、開口部30Aを有する円筒状の耐圧容器30により構成される。耐圧容器30には内部にガスシンチレータ31が充填され、開口部30A側に集光ガラス32が封入さ

れるとともに、集光ガラス32の外部側には光ファイバケーブルコネクタ33が設けられ、集光ガラス32と光学的に接続される。

【0021】耐圧容器30は、耐高熱性および耐圧性を有し、高温環境（300~600°C）の使用に耐え得る材料で形成される。また、耐圧容器30の内面30Bは、鏡面加工が施される。そして、耐圧容器30は、図1に示すように、所定のラッパ管15の内部に収納される。ラッパ管15は各炉心構成要素E11~E14のうち、ブランケット部12を構成する半径方向ブランケット燃料集合体内に配置される。

【0022】ガスシンチレータ31は、数気圧から数百気圧の高圧水素ガスまたは高圧ヘリウムガスの単独気体、或いは両者の混合気体、或いは両者の混合気体中に少量の不純物ガス（例えばCO₂等）を添加して構成される。ガスシンチレータ31は、中性子が入射されると、例えばガスシンチレータ31が混合気体であれば、水素ガス中の陽子と（n, p）反応を生じ、反跳陽子の運動エネルギーの損失に伴い混合気体の原子が発光（シンチレーション）することにより中性子を検出するようになっている。また、シンチレータに気体を用いるガスシンチレータ31は、シンチレータとして寿命を長く取ることができるため、使用される。

【0023】集光ガラス32は、耐圧容器30の内部で生じた発光を鏡面加工が施された内面30の反射により効率的に補足し、光ファイバケーブルコネクタ33に伝達する。

【0024】検出信号伝達部22は、図2に示すように、中性子検出部21と後述する中性子計測部23とを光学的に接続する光ファイバケーブル34により構成される。光ファイバケーブル34は、図1に示すように、一端が光ファイバケーブルコネクタ33に接続され、炉心上部機構9の案内管9Aを経て、他端が中性子計測部23の一部を構成する光電子増倍装置35に接続される。光ファイバケーブル34は、ガスシンチレータ31が中性子を検出すると、中性子検出信号を光信号として集光ガラス32から光ファイバケーブルコネクタ33を介して光電子増倍装置35に伝達するようになっている。

【0025】中性子計測部23は、図1に示すように、光電子増倍装置35と、電子回路系41とが電気的に接続されて構成される。電子回路系41は、図2に示すように、前置増幅器36と、パルス波形弁別器（PSD）37と、主増幅器38と、波高分析器（PHA）39とを備え、順に直列に接続されて構成される。そして、光電子増倍装置35は、高圧電源40に接続される。中性子計測部23は、図1に示すように、放射線遮蔽体としての隔壁10内部の計測室17に配置される。光電子増倍装置35は、光ファイバケーブル34と光学的に接続され、中性子検出部21で検出した中性子検出信号を電

気的信号に変換し、回路系41に送出する。光電子増倍装置35は、フォトマル、電荷結合素子、チャンネルプレート、或いは、チャンネルトロン等が用いられる。次に、上記第1の実施例に係る中性子検出装置の作用について説明する。

【0026】炉心4で燃料の核分裂反応に伴って中性子が放出され、中性子検出部21に入射すると、耐圧容器30内部のガスシンチレータ31は、中性子により水素ガス中の陽子と (n, p) 反応を生じ、反跳陽子の運動エネルギーの損失に伴い混合気体の原子が発光(シンチレーション)する。

【0027】この発光は、中性子検出信号として耐圧容器30の内面30Bにより反射されて、効率よく集光ガラス32に集光される。集光ガラス32は、集光した光を光ファイバケーブルコネクタ33を介して光ファイバケーブル34に伝える。光ファイバケーブル34は、中性子検出信号としての光信号を光電子増倍装置35に伝達する。光信号は電気信号と異なり、 γ 線等の放射線の影響を受けることがない。光電子増倍装置35は、放射線の影響から遮断された隔壁10内の測定室17で入力された光信号を電気的信号に変換し、回路系41に送出する。

【0028】回路系41は、光電子増倍装置35からの電気信号を前置増幅器36により増幅する。増幅された電気信号がパルス波形弁別器(PSD)37に入力されると、パルス波形弁別器(PSD)37は、増幅された電気信号から電気的パルスの立上がり時間の早い成分を除去する。

【0029】これは、中性子検出部21により中性子を検出する際、ガスシンチレータ31が中性子による発光だけでなく、 γ 線の影響による発光も混在した中性子検出信号を検出してしまうので、中性子検出信号から γ 線の影響による発光を取り除く必要があるためである。パルス波形弁別器(PSD)37は、 γ 線(反跳電子)によるシンチレータ31の励起時間(発光時間)に比べ、中性子(反跳陽子)による発光時間が長い性質を利用したものである。パルス波形弁別器(PSD)37により、中性子検出信号は中性子による発光が γ 線の影響による発光から分離されて弁別され、中性子による発光に基づいた中性子検出信号のみを取り出すことができる。

【0030】主増幅器38は、パルス波形弁別器(PSD)37からの中性子検出信号を増幅し、波高分析器(PHA)39に出力する。波高分析器(PHA)39は主増幅器38からの中性子検出信号を分析し、中性子を計測する。

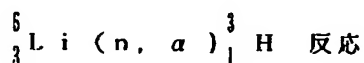
【0031】次に、本発明に係る中性子検出装置の第2の実施例について図3を参照して説明する。なお、図1ないし図2と同一または相当部分には同一の符号を付し、その説明は省略する。

【0032】中性子検出部50は、図3に示すように、

開口部51Aを有する円筒状の容器51により構成される。容器51には、中性子を検出するシンチレータとして例えば $LiI(Eu)$ 等の固体シンチレータ52が充填され、開口部50A側に集光ガラス32が封入されるとともに、集光ガラス32の外部側には光ファイバケーブルコネクタ33が設けられ、集光ガラス32と光学的に接続される。固体シンチレータ52に $LiI(Eu)$ を用いる場合、固体シンチレータ52の発光メカニズムは、

【0033】

【数1】



を用い、この場合 α 、 3H ともに発光(シンチレーション)を生じる。また、固体シンチレータ52を用いるかわりに、高沸点有機物よりなる液体シンチレータを用いることもできる。

【0034】シンチレータとして固体または液体を用いる場合、容器51は、耐圧構造とする必要はなく、耐高熱性を有し、高温環境(300~600°C)の使用に耐え得る材料で形成されていればよい。また、容器51の内面51Bは、上記第1の実施例と同様に鏡面加工が施される。そして、容器51は、図1に示すように、所定のラッパ管15の内部に収納される。

【0035】上記第2の実施例に係る中性子検出装置は、シンチレータとして固体または液体を用いることにより、容器51をコンパクト化することができ、炉心4の狭隘な間隙を形成する空間にも中性子検出部50を設置することができる。

【0036】なお、上記各中性子検出部21、50は、1つのラッパ管15に収容する必要はなく、炉心構成要素E11~E14のうちいずれに設置してもよく、複数個設置してもよいのは言うまでもない。

【0037】次に、本発明に係る中性子検出装置の第3の実施例について図4を参照して説明する。なお、図1ないし図3と同一または相当部分には同一の符号を付し、その説明は省略する。中性子検出装置60は、図4に示すように、中性子検出部21をラッパ管15内に挿脱自在に配置する駆動機構61を備えて構成される。中性子検出部21は、検出信号伝達部22としての光ファイバケーブル34を介して中性子計測部23に接続される。

【0038】駆動機構61は、炉心上部機構9およびルーフスラブ7を上下方向にそれぞれ貫通する貫通孔62A、63A内に昇降可能に挿通される。駆動機構61は、上部が図示しない駆動装置に接続され、下部には中性子検出部21が設けられる。また、中性子検出装置60は、多数の中性子検出部21を有し、原子炉容器3内外の所定位置P1~P7に設置される。中性子検出部21の設置される位置P1~P7を、以下に示す。

7

【0039】位置P1は、炉心燃料部11を構成するラッパ管15A内に位置する。位置P2は、炉心4の出口部16の上部に位置する。位置P3は、炉心4の径方向外部に位置する。位置P4は、炉心4の下方外部に位置する。位置P5は、原子炉容器3の外部に位置する。位置P6は、ブランケット部12を構成するラッパ管15B内で上下方向の複数箇所に位置する。位置P7は、駆動機構61が昇降するラッパ管15C内に位置し、位置P7は、駆動機構61の昇降に応じてラッパ管15C内で上下方向に変位する。

【0040】上記第3の実施例に係る中性子検出装置60は、中性子検出部21を駆動機構61により中性子計測時のみ検出位置に配置するようにしているので、中性子検出部21の劣化を防ぐことができ、さらに、中性子検出部21を原子炉容器3内外の所望箇所に多数設置できるので、中性子検出部21を設置する自由度が増大し、きめ細かく中性子を計測、監視できる。なお、中性子検出部21の設置位置は上記位置P1～P7に限らず、中性子計測の必要に応じて所望の位置に設けることができる。また、上記各実施例は高速増殖炉について述べたが、これに限られるものではなく、他のタイプの原子炉についても適用可能であることはいうまでもない。

【0041】

【発明の効果】以上に述べたように、本発明に係る中性子検出装置は、中性子を検出するシンチレータを内部に収容し、耐高熱性を有する容器を備えた中性子検出部と、この中性子検出部に接続され中性子検出部からの検出信号を伝達する検出信号伝達部と、この検出信号伝達部を介して中性子検出部に接続され検出信号を増幅して中性子を計測する中性子計測部とを備えるとともに、中

8

性子検出部を原子炉容器の内部に配設したことにより、高温環境においても中性子束を感度良好に検出して計測することができ、中性子検出部をコンパクト化し、装置の簡素化を図ることができる。

【0042】また、本発明に係る中性子検出装置は、検出信号伝達部を、中性子検出部と光学的に接続された光伝達部により構成したことにより、中性子検出信号の伝達時放射線の影響を低減化することができ、ノイズレベルを低く抑えることができるので、中性子を精密に検出して計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る中性子検出装置が設けられた高速増殖炉の構成を示す構成図。

【図2】図1の中性子検出装置の構成を示す一部断面構成図。

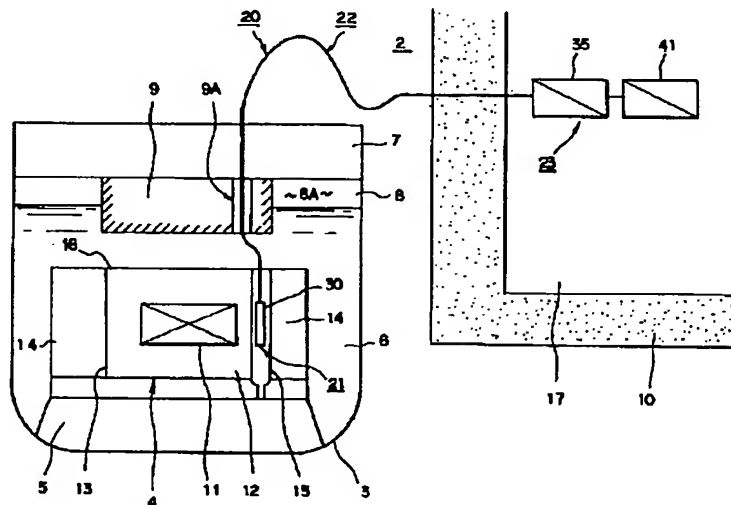
【図3】本発明の第2の実施例に係る中性子検出装置の構成を示す一部断面構成図。

【図4】本発明の第3の実施例に係る中性子検出装置の中性子検出部の位置を示す概念図。

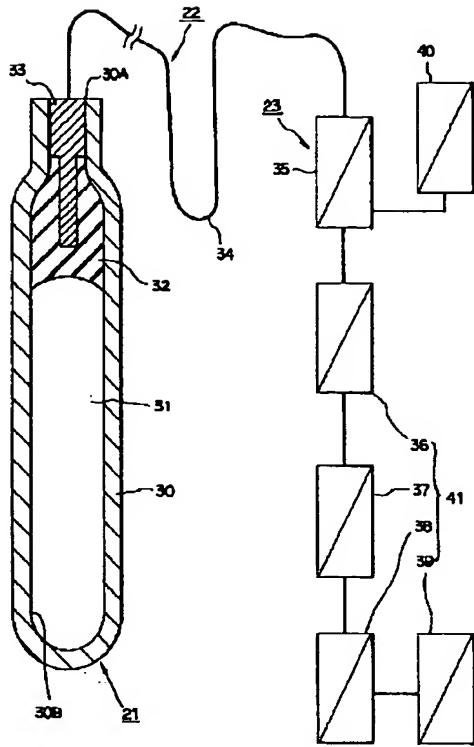
【符号の説明】

- 3 原子炉容器
- 20 中性子検出装置
- 21、50 中性子検出部
- 22 検出信号伝達部
- 23 中性子計測部
- 30 耐圧容器
- 31 ガスシンチレータ
- 51 容器
- 52 固体シンチレータ

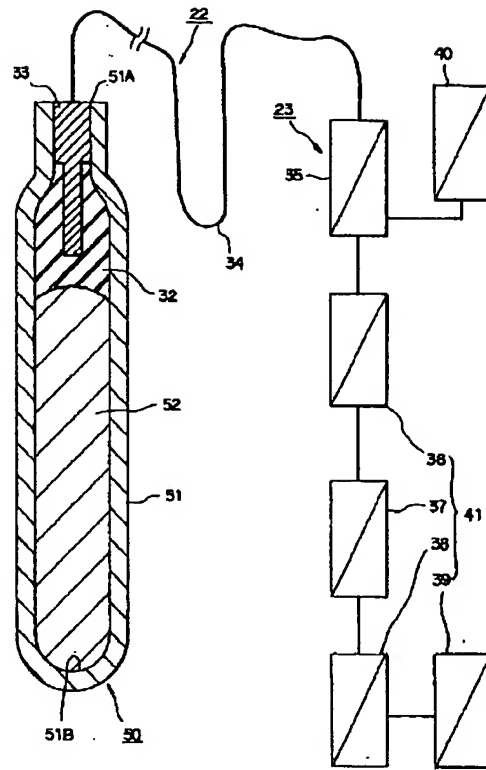
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

